

Instanciación del Metamodelo de Contexto para aplicaciones ubicuas

Durán Elena, Únzaga Silvina, Álvarez Margarita

Instituto de Investigaciones en Informática y Sistemas de Información
Facultad de Ciencias exactas y Tecnologías – Universidad Nacional de Santiago del Estero
eduran@unse.edu.ar, sunzaga@unse.edu.ar, alvarez@unse.edu.ar

Resumen

El desarrollo de la tecnología en comunicaciones inalámbricas y dispositivos móviles junto al enfoque de las nuevas teorías de aprendizaje ha hecho posible el surgimiento del aprendizaje ubicuo, que permite aprender en cualquier momento y lugar.

En las aplicaciones de aprendizaje ubicuo, el contexto y la personalización cobran vital importancia, ya que estas aplicaciones deben ser sensibles al contexto y adaptarse a las características de cada estudiante y a sus entornos de aprendizaje.

En trabajos previos hemos propuesto un Metamodelo de Contexto para aplicaciones ubicuas. En este trabajo se presenta la instanciación del metamodelo en dos aplicaciones ubicuas personalizadas, una para la materia Redes de Computadoras de una carrera universitaria en Informática y, la otra para el Curso de Ingreso a la universidad. En estas instanciaciones se muestra cómo se particularizan los modelos y las clases de la ontología para esas aplicaciones; como también la vinculación de los modelos instanciados, con el mundo físico en el que se concreta el aprendizaje.

Palabras clave: Aprendizaje Ubicuo, Modelo de contexto, Personalización.

1. Introducción

En la Universidad Nacional de Santiago del Estero venimos trabajando en el proyecto de investigación “Métodos y Técnicas para desarrollos de Aplicaciones Ubicuas”, línea de investigación que es una continuación de otra iniciada en el 2012, en el proyecto "Sistemas de

información web personalizados, basados en ontologías, para soporte al aprendizaje ubicuo". La misma tiene como finalidad realizar propuestas de técnicas, métodos y estrategias para el diseño y construcción de aplicaciones de aprendizaje ubicuo.

En estos proyectos se han realizado numerosos trabajos y avances en el tema del diseño de aplicaciones ubicuas, quedando en claro que tanto en la computación ubicua como en el aprendizaje ubicuo, el contexto es de vital importancia, es necesario comprender, aprehender y definir los componentes constitutivos del contexto desde una perspectiva de ingeniería, así como, desde la perspectiva de la teoría de modelos, por lo que ya en Alvarez et. al, (2013), luego de analizar el significado de contexto y examinar los modelos existentes, se propone la aplicación de un enfoque basado en modelos para abordar la problemática. En ese trabajo se aporta un Metamodelo de contexto que permite describir modelos particulares para aplicaciones específicas de aprendizaje ubicuo. En Durán et al. (2014), se propone una arquitectura basada en un modelo ontológico que ayuda y describe los diferentes componentes de un contexto de aprendizaje ubicuo.

En este artículo, se presenta la instanciación del Metamodelo de Contexto para dos aplicaciones de aprendizaje ubicuo personalizadas; una para la materia Redes de Computadoras de una carrera universitaria en Informática y la otra para el Curso de Ingreso a la universidad.

En las siguientes secciones se describen los conceptos básicos para este trabajo, se citan antecedentes de trabajos relacionados y se presenta la instanciación realizada. Finalmente,

se expresan algunas conclusiones respecto al trabajo realizado.

2. Aprendizaje Ubicuo

El aprendizaje ubicuo representa un paradigma emergente que permite la educación en diversos entornos, donde los usuarios se sitúan en contextos de aprendizaje auténticos para enfrentar experiencias inmersivas con el fin de lograr un aprendizaje significativo (Cárdenas-Robledo y Peña-Ayala, 2018). Los sistemas de aprendizaje ubicuos se centran en la actividad de aprendizaje en sí, no en el uso de herramientas y tecnologías ya que las computadoras están integradas y son invisibles en la vida cotidiana (Li et al., 2005).

Para Yang (2006) el aprendizaje ubicuo es: "un entorno que proporciona una arquitectura de aprendizaje interoperable, generalizada y sin interrupciones para conectar, integrar y compartir tres dimensiones de los recursos de aprendizaje: colaboradores, contenidos y servicios de aprendizaje".

El aprendizaje ubicuo tiene las siguientes características (Hwang et al., 2008), (Sakamura y Koshizuka, 2005): *Permanencia*, todos los procesos de aprendizaje se graban continuamente todos los días; *Accesibilidad*, los alumnos tienen acceso a sus documentos, datos o videos desde cualquier lugar; *Inmediatez*, está donde los alumnos están; *Interactividad*, los alumnos pueden interactuar con expertos, maestros o compañeros; *Actividades de instrucción situadas*, el aprendizaje se integra en la vida diaria y *Adaptabilidad*, los alumnos obtienen la información correcta en el lugar y de la manera correcta.

Estos sistemas tienden a convertirse en una prometedora solución a los problemas educativos en los que se pueden detectar la situación de los alumnos y proporcionar un apoyo adaptado para cada estudiante. Todo esto gracias a que posee propiedades como la conciencia del contexto y la personalización que permiten que los sistemas se adapten a los

objetivos y situaciones del usuario (Gilman et al., 2015). Por lo tanto, la personalización es un elemento fundamental en el aprendizaje ubicuo.

3. Personalización

Las estrategias de aprendizaje personalizadas son consistentes con las teorías de aprendizaje constructivista (Pritchard, 2009), que enfatizan que el aprendizaje es activo y que el conocimiento se construye sobre las propias experiencias. Así la premisa básica es la creencia de que cada alumno es único y aprende de diferentes maneras (Nandigam et al., 2014).

Un sistema de aprendizaje personalizado es capaz de identificar las características individuales de cada alumno, tales como conocimiento previo, estilos de aprendizaje, habilidades cognitivas, intereses de aprendizaje, objetivos de aprendizaje y motivación, recogidas a través del feedback del alumno con el sistema (Graf et al., 2009). Este conocimiento permite al sistema impartir un aprendizaje personalizado (Brusilovsky, 1996). Además, el sistema puede monitorear los comportamientos individuales y sus acciones para perfeccionar aún más su conocimiento del individuo (Graf y Kinshuk, 2008).

Por otra parte, la personalización juega un papel muy importante en el aprendizaje ubicuo, ya que permite proporcionar a los estudiantes el material, las actividades y la información personalizados, en el lugar correcto y el momento adecuado. Sin embargo, en los entornos de aprendizaje ubicuo no sólo deben utilizar la información referida a las preferencias del usuario para proporcionar servicios personalizados, sino también información contextual, tal como la ubicación, el tiempo, los elementos existentes en el medio, etc.

4. Contexto

Dey (2000) define contexto como: "cualquier información que puede ser usada para caracterizar la situación de una entidad. Una entidad es una persona, lugar u objeto que es

considerado relevante para la interacción entre un usuario y una aplicación, eventualmente incluyendo al usuario y a la aplicación misma".

Para diseñar y desarrollar aplicaciones de aprendizaje ubicuo es necesario enumerar con precisión el contexto para el escenario de aprendizaje.

Siadaty et al. (2008) expresa que en el aprendizaje, el contexto abarca dos ámbitos fundamentales, a saber, el contexto de aprendizaje y el contexto móvil. El ámbito del contexto de aprendizaje se refiere al medio ambiente, situaciones, herramientas, materiales, personas, y actividades de aprendizaje. El contexto móvil se resume principalmente en el espacio y los aspectos temporales de la situación del usuario. En base a los cambios y las propiedades de estos dos atributos, los usuarios de estos sistemas se informarán de los diferentes servicios personalizados disponibles para ellos.

Como se mencionó, el contexto es una fuente rica en información que requiere modelos de representación avanzados, necesario para poder definir, manipular y almacenar la información contextual de forma procesable por una máquina. El contexto puede llegar a tener múltiples representaciones alternativas. El punto clave está en encontrar la representación más adecuada, que facilite el desarrollo de la aplicación.

5. Trabajos Relacionados

El modelado del contexto para aplicaciones de aprendizaje ubicuo ha sido abordado por varios autores en estos últimos años, y analizado en diferentes trabajos de revisión publicados. Estos antecedentes se presentan a continuación.

En Strang y Linnhoff-Popien (2004) se realiza una revisión de los enfoques de modelado de contexto más relevantes, y los clasifica considerando el esquema de estructura de datos usado para representar la información contextual (Modelos par clave-valor, Modelos de Esquema de Marcado, Modelos Gráfico, Modelos

Orientados a Objetos, Modelos basados en Lógica y Modelos Ontológicos).

Según Derntl y Hummel (2005) el término contexto de aprendizaje se utiliza para describir la actual situación de una persona vinculada a una actividad de aprendizaje y los atributos que dependen del modelo del mundo físico (contexto mundial), como el tiempo y una ubicación. El contexto de aprendizaje propuesto por el autor comprende: *Contexto físico*, describe los recursos de aprendizaje; *Contexto digital*: describe los recursos digitales de aprendizaje actualmente disponibles y servicios de aprendizaje basados en la Web; *Contexto de dispositivo*: describe el hardware, el software, y la conectividad de red del dispositivo de aprendizaje electrónico que el alumno está utilizando; *Información del contexto del alumno*: describe atributos del alumno, como nombre, experiencia e intereses.

En Yang (2006) consideran el contexto desde dos perspectivas. Una desde los alumnos, y la otra es a partir del contenido. Desde la perspectiva del aprendiz, el contexto modela el medio ambiente que rodea y que afecta a los educandos en el descubrimiento y acceso de contenidos. Desde la perspectiva de contenido, el contexto modela el medio ambiente circundante que afecta a la entrega y presentación de contenido.

Cho y Hong (2008) describen una arquitectura conceptual (CALA-Context Aware Learning Architecture) y un modelo de contexto basado en ontología para proporcionar servicios de aprendizaje conscientes del contexto en entornos de aprendizaje ubicuos. La arquitectura presenta un módulo central denominado Administrador Consciente del Contexto, que controla al módulo de contexto basado en razonamiento ontológico.

Hasanov et al (2019) presentan una revisión de literatura sobre ambientes de aprendizaje sensibles al contexto, publicadas entre 2010-2018, enfocándose en identificar y comparar soluciones técnicas para estos ambientes. Una de

las dimensiones de análisis considerada fue la sensibilidad al contexto, centrándose en los siguientes aspectos: Adquisición del Contexto (proceso de capturar de forma instantánea datos que constituyen el contexto actual del alumno), Modelización del Contexto (forma de representar el contexto en un formato que pueda ser entendido y procesado por la computadora), Entidades del Contexto que capturan y utilizan los sistemas y Sensores utilizados en la captura de elementos contextuales.

García-Chicangana, et al.(2020) realizaron un revisión sistemática de sistemas de aprendizaje móvil y ubicuos sensibles al contexto, con el fin de encontrar huecos y orientaciones para futuras investigaciones. Una de las dimensiones analizadas en el estudio son las entidades más usadas en el modelado de contexto. Se analizaron catorce trabajos entre 2016 y 2019. Se concluye que se utilizan diferentes entidades, como el perfil de usuario, la ubicación, los aspectos técnicos, la información sobre el entorno y su entorno de aprendizaje. Dentro del perfil del usuario, se pueden identificar estilos de aprendizaje, preferencias e intereses, estado y estilo cognitivo, entre otros. Los aspectos técnicos incluyen el tamaño de la pantalla del dispositivo, la batería, la capacidad de procesamiento, el estado de la red, entre otros. Con respecto a la información ambiental, los estudios abordaron aspectos de luminosidad, ruido y temperatura.

6. Metamodelo de Contexto

Con el fin de manejar la complejidad asociada a las aplicaciones informáticas que sirven de apoyo al aprendizaje ubicuo, se abordó el diseño desde un enfoque basado en modelos. En Durán et al. (2014), se diseñó una Arquitectura basada en Modelos Ontológicos que abarca cuatro dimensiones (figura 1): los modelos, las ontologías, los componentes de software y el mundo exterior.

Con el fin de formular un esquema conceptual exhaustivo y riguroso para las dimensiones de

los modelos se desarrolló en Álvarez et. al, (2013) un metamodelo de contexto para aplicaciones de aprendizaje ubicuo (Figura 2).

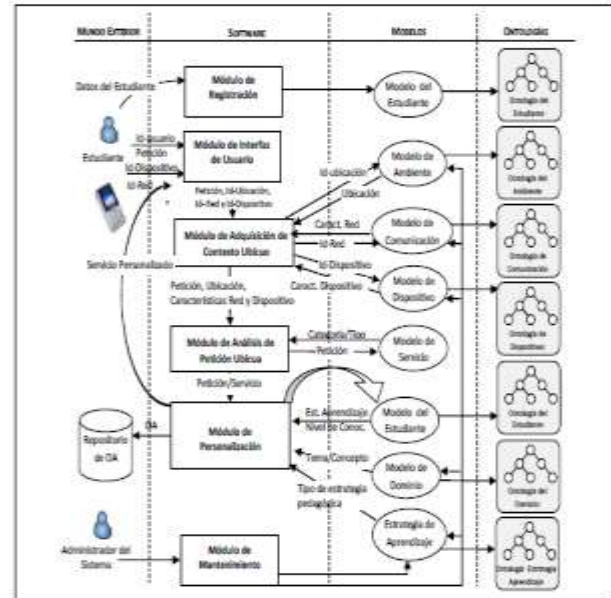


Figura 1: Arquitectura Basada en Modelos Ontológicos

El metamodelo consta de: el *Modelo de Contexto de Aprendizaje*, el *Modelo de Contexto Ubicuo* y el *Modelo Funcional*.

Los distintos modelos que componen el metamodelo de contexto contienen información contextual estática, que describe aspectos invariantes, y dinámica, que se refiere a observaciones que varían con el tiempo.

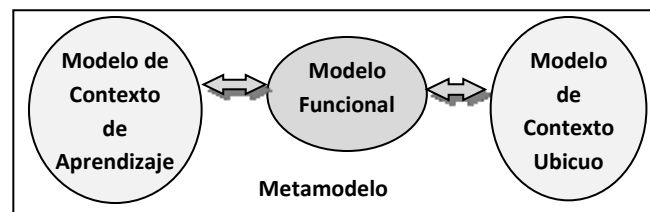


Figura 2: Metamodelo de Contexto

La representación del *Modelo de Contexto de Aprendizaje* y del *Modelo de Contexto Ubicuo* se realizó por medio de ontologías que permiten manejar información e inferir todo el conocimiento necesario. La ontología fue presentada en Durán et al. (2016), consta de trece clases que se corresponden con los

modelos descriptos. En la figura 3 se observa el modelo conceptual de la ontología que incluye las clases y las relaciones entre ellas.

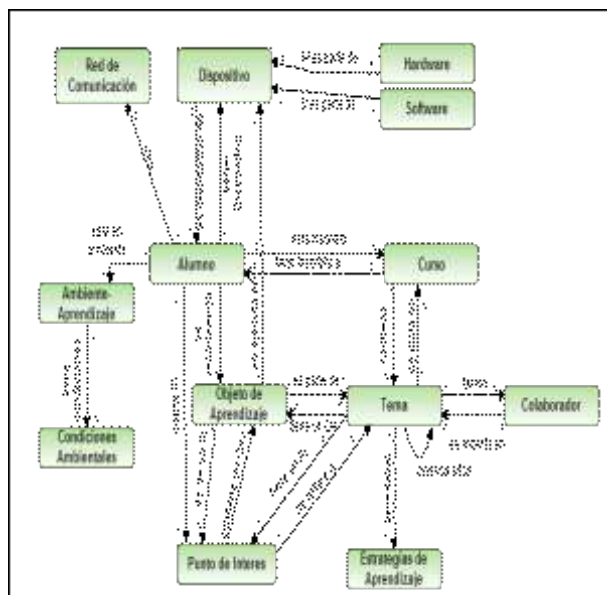


Figura 3: Clases y las relaciones de la ontología

A continuación se describen los modelos que componen el *Metamodelo de Contexto Ubicuo* y la vinculación con las clases de la ontología.

El *Modelo de Contexto de aprendizaje* aglutina tres modelos:

Modelo del Estudiante: describe los datos personales (Nombre y Apellido, teléfono, Home page, DNI, Dirección, Cod. postal, nacionalidad, sexo, fecha de nacimiento, idioma), datos académicos (carrera, curso), de preferencias, de conocimientos previos y estilo de aprendizaje de los estudiantes. Está representado en la ontología por la clase ALUMNO.

Modelo de Dominio: en este modelo se describen las siguientes entidades:

Curso: describe los datos identificatorios, las características de un curso (Identificador de curso, nombre, fecha de creación y de vigencia y objetivos pedagógicos). Representado en la ontología por la clase CURSO.

Tema: describe la segmentación de los contenidos educativos en partes más pequeñas

(Nombre y descripción del tema). Representado en la ontología por la clase TEMA.

Objeto de Aprendizaje (OAs): los cursos se conforman de OAs que se toman de diferentes repositorios y contienen metadatos que facilitan su identificación y recuperación. Representado en la ontología por la clase OBJETO DE APRENDIZAJE.

Modelo de la estrategia de aprendizaje: describe la secuencia de procedimientos o planes orientados hacia la consecución de metas de aprendizaje e incluyen diferentes técnicas. Por ejemplo, para la estrategia de autoaprendizaje si consideran las técnicas de: estudio individual, tarea individual, proyecto, investigaciones). Representado en la ontología por la clase ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE.

El *Modelo de Contexto Ubicuo* está formado por tres modelos:

Modelo de Dispositivos: describe los distintos tipos de dispositivos tales como sensores y teléfonos móviles que están equipados con diferente hardware y software. Los atributos de hardware considerados son: Tipo y velocidad del procesador, tamaño de pantalla y de memoria, entre otros. Los atributos de software son: navegador y sistema operativo. Representado en la ontología por las clases DISPOSITIVO, SOFTWARE Y HARDWARE.

Modelo de Comunicación: describe los diferentes tipos de redes de comunicación entre el sistema de aprendizaje ubicuo y el usuario (Wifi, Bluetooth, por Datos etc.). Representado en la ontología por la clase RED DE COMUNICACIÓN.

Modelo del Ambiente: en este modelo se describen las siguientes entidades:

Ambiente de Aprendizaje: describe los diferentes ambientes en los que se puede concretar el aprendizaje ubicuo (indoor y outdoor). Representado en la ontología por la

clase AMBIENTE DE APRENDIZAJE.

Puntos de Interés (PI): describe los objetos o lugares sobre los cuales el estudiante puede realizar un aprendizaje. Contienen los siguientes atributos: identificación de PI, descripción, latitud y longitud de la ubicación geográfica y código QR asociado. Representado en la ontología por la clase PUNTO DE INTERÉS.

Condiciones Ambientales: describe las características del ambiente de aprendizaje que pueden ser captadas por los sensores del dispositivo del estudiante (temperatura, presión, luminosidad, nivel de ruido, etc.). Representado en la ontología por la clase CONDICIONES AMBIENTALES.

Por último, en el *Modelo Funcional*, que permite la vinculación de los dos modelos anteriores, se describen tareas y capacidades que deben tener las aplicaciones de aprendizaje ubicuo (Adquisición de contexto, Mantenimiento de los modelos, Prestación de Servicios al usuario, Consultas y Adaptación o Personalización).

7. Instanciación del Metamodelo de Contexto en aplicaciones de aprendizaje ubicuo

Instanciar el Metamodelo de Contexto implica particularizar los modelos que este abarca y las clases de la ontología para aplicaciones determinadas.

En este caso, se realizó la instanciación en dos aplicaciones de apoyo al aprendizaje ubicuo. Una para la materia Redes de Computadoras de una carrera universitaria en Informática y la otra para el Curso de Ingreso a la universidad. A continuación se describe la instanciación realizada en cada caso.

7.1 Instanciación del Metamodelo de Contexto en una aplicación ubicua para el aprendizaje de Redes de Computadoras.

La aplicación apoya las actividades pedagógicas de los estudiantes brindando asistencia

personalizada en el reconocimiento de los componentes de una red dentro del Laboratorio de Redes. La aplicación personaliza la asistencia a cada estudiante de acuerdo con el estilo de aprendizaje, nivel de conocimiento y las características técnicas del dispositivo móvil que usa el alumno.

Para esta aplicación los modelos que conforman el *Modelo de Contexto de Aprendizaje* se instancian de la siguiente forma:

Modelo del Estudiante: contiene los siguientes datos de cada estudiante: Apellido y Nombre, DNI, curso, estilo de aprendizaje y nivel de conocimiento para cada tema del curso (inicial, medio o alto). Para el estilo de aprendizaje se consideró, el modelo de Felder-Silverman (1988).

Modelo de Dominio: contiene los siguientes datos de cada curso: Identificación, objetivos pedagógicos, temas del curso, objetivos de cada tema, material teórico del tema incluido en el OA (se generaron dos versiones, una para estilo de aprendizaje visual y otra para el estilo verbal), actividades del tema (se definieron diferentes tipos de actividades que respondan a las diferentes técnicas previstas en cada estrategia de aprendizaje). Así por ejemplo para el tema *componentes de una red LAN*, estrategia elegida para estudiantes con estilo visual es el *autoaprendizaje* y se definen como actividades *Lectura comprensiva* de texto presentado en la pantalla del celular, y la *solución de ejercicios de reconocimiento* de componentes en el laboratorio.

Modelo de la Estrategia de Aprendizaje: La estrategia de aprendizaje se define, como se mostró en el ejemplo anterior, por tema y estilo de aprendizaje. Las estrategias previstas para este caso son: *Autoaprendizaje* con las técnicas de Estudio individual, Tareas individuales, e Investigaciones; y *Aprendizaje Interactivo*, con las técnicas de interacción con pares, interacción con expertos.

Los modelos que conforman el *Modelo de Contexto Ubicuo* se instancian de la siguiente forma:

Modelo de Dispositivos: teléfonos móviles con SO Android, Tablets con SO Android, software para lectura de código QR, cámara fotográfica.

Modelo de Comunicación: conexión por Wifi, Conexión por datos.

Modelo del Ambiente: laboratorio de Redes (indoor). Para este ambiente se definieron los PI;

es decir, los componentes de red sobre los que puede aprender un estudiante. Por ejemplo, en el Laboratorio de Redes sería cable de red, conector de red, etc. Cada PI tiene un código QR asociado.

En la figura 4 se puede observar el Metamodelo de Contexto instanciado para esta aplicación y la vinculación con los Módulos de software que son parte del Modelo Funcional.

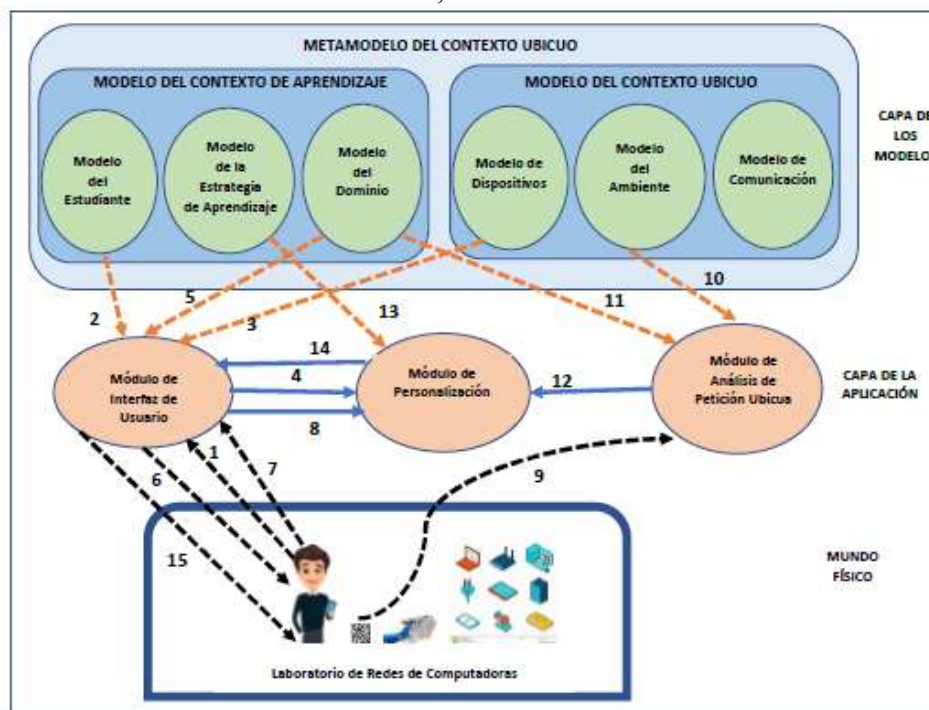


Figura 4: Instanciación del Metamodelo de Contexto en una aplicación ubicua para el aprendizaje de Redes de Computadoras

El estudiante se identifica e informa el dispositivo con el que se conecta (1). El Módulo de Interfaz de Usuario recupera del Modelo del Estudiante, el estilo de aprendizaje (2) y del Modelo del Dispositivo las características del mismo (Tamaño de pantalla) (3). Ambos datos son informados al Módulo de Personalización (4).

El Módulo de Interfaz de Usuario recupera del Modelo del Dominio la lista de cursos (5) y se lo muestra al estudiante (6), quien elige el curso en el que se encuentra (7), y el Módulo de Interfaz

de Usuario recupera del Modelo de Dominio los temas de ese curso (5) y del Modelo del Estudiante el nivel de conocimiento en cada tema del curso (2) y lo informa al Módulo de Personalización (8).

El estudiante lee con su celular el código QR del elemento de red sobre el cual desea aprender y ese código se transfiere al Módulo de Análisis de Petición Ubicua (9). Este Módulo recupera del Modelo del Ambiente la identificación del PI al que corresponde el código QR leído (10), y en base a este recupera del Modelo de Dominio los

Objetos de aprendizaje vinculados a ese PI (11) y los informa al Módulo de Personalización (12).

El Módulo de Personalización recupera del Modelo de Estrategia de Aprendizaje, la estrategia adecuada en función del estilo de aprendizaje del estudiante (13). En base a todos los datos recibidos personaliza los Objetos de aprendizaje que mostrará al estudiante, según su estilo de aprendizaje, nivel de conocimiento del tema al que se relaciona el PI, y las características del dispositivo. El OA seleccionado se envía al Módulo de Interfaz de Usuario (14) para que este se lo presente al estudiante en su dispositivo (15).

7.2. Instanciación del Metamodelo de Contexto en una aplicación ubicua para el Curso de Ingreso universitario

La aplicación brinda un apoyo personalizado a los estudiantes en el curso de ingreso de la FCEyT en el área del Taller de Ambientación Universitaria.

La aplicación permite a través de la geolocalización, recomendar al estudiante PI cercanos dentro de la universidad. Cada PI tiene asociados OAs. La aplicación personaliza los contenidos de acuerdo al conocimiento previo y el tiempo disponible que posee el estudiante.

Los modelos que conforman el *Modelo de Contexto de Aprendizaje* se instancian de la siguiente forma:

Modelo del Estudiante: se registran los datos del estudiante: Apellido y Nombre, DNI, conocimiento previo.

Modelo de Dominio: Id del curso, objetivos pedagógicos del curso, OAs para cada uno de los PI sobre lo cuales el estudiante debe aprender

El *Modelo de Contexto Ubicuo* se instancia como sigue:

Modelo de Dispositivos: teléfonos móviles y Tablets con SO Android, GPS.

Modelo de Comunicación: comunicación inalámbrica Wifi, comunicación por Datos.

Modelo del Ambiente: tiene toda la información de los PI sobre los que se puede aprender.

En la figura 5 se puede observar el Metamodelo de contexto instanciado para esta aplicación.

El estudiante se identifica ingresando su Usuario y Contraseña (1) para acceder a la APP, el Módulo de Interfaz de Usuario valida esos datos con los datos que recupera del Modelo del Estudiante (2).

El Módulo de Análisis de Petición Ubicua capta a través del GPS del dispositivo la ubicación del estudiante (3) y con la información que toma del Modelo de Ambiente sobre la identificación de los PI (4), confecciona una lista con los PI más cercanos, esta lista se envía al Módulo de Personalización (5).

El Módulo de Interfaz recibe por parte del estudiante el Tiempo Disponible para realizar la tarea (6) y luego lo envía al Módulo de Personalización (7) que junto con los conocimientos previos que toma del Modelo de Estudiante (8), son las variables que usa para realizar la personalización, se obtienen los OAs correspondientes a los PI cercanos desde el Modelo de Dominio (9), estos OAs son enviados al Módulo de Interfaz (10) para luego ser presentados al estudiante (11).

8. Conclusión

El Metamodelo de Contexto constituyó una herramienta útil en el proceso de instanciación, para identificar las entidades que conforman un ambiente de aprendizaje ubicuo. En este caso en particular, resultó de utilidad para identificar las entidades contextuales relevantes para el aprendizaje en un curso de Redes de Computadoras de una carrera universitaria en Informática, y en el curso de ingreso universitario, permitiendo reconocer las entidades relevantes para la personalización de los contenidos educativos. Igualmente, la

representación mediante ontologías de los modelos de Contexto de Aprendizaje y de Contexto Ubicuo, se considera apropiada, ya que las ontologías pueden cumplir la mayoría de las expectativas para la representación de

contexto en un entorno abierto y ubicuo, debido a su flexibilidad, expresividad y extensibilidad.

En general, disponer de un metamodelo resulta conveniente para abordar la complejidad inherente al diseño de aplicaciones de apoyo al aprendizaje ubicuo.

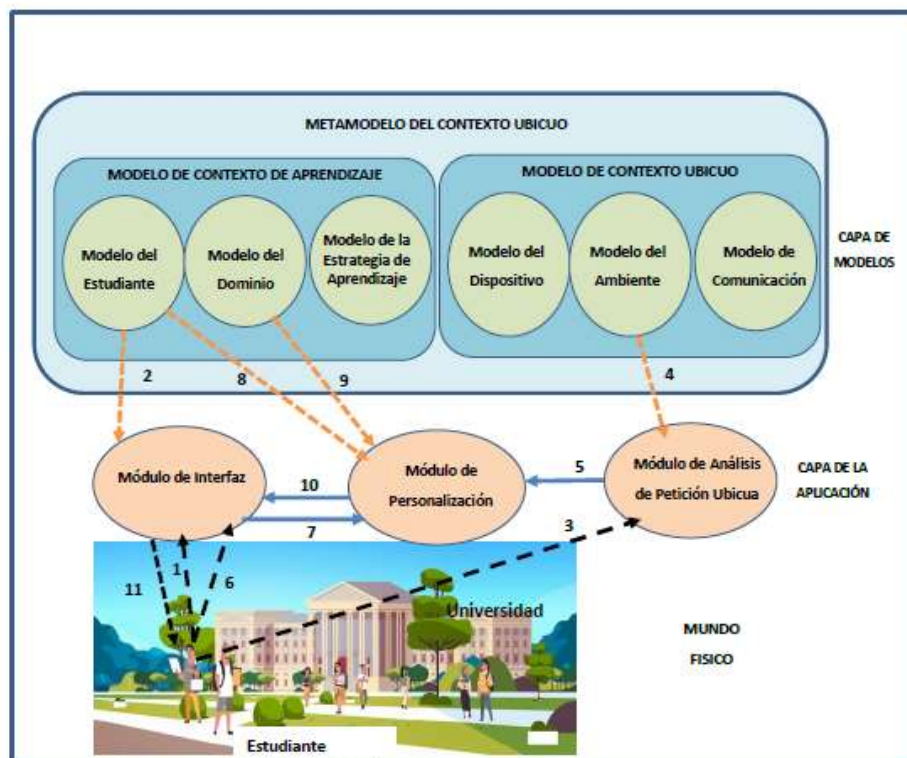


Figura 5: Instanciación del Metamodelo de Contexto para una aplicación ubicua de apoyo al Curso de Ingreso universitario

En consecuencia, los trabajos futuros se orientan a evaluar las instanciaciones realizadas y la inferencia de conocimiento contextual a partir de las ontologías creadas.

9. Bibliografía

- M.M. Alvarez, S.I. Únzaga y E.B. Durán (2013). “Un enfoque basado en modelos para representar el contexto en aplicaciones de aprendizaje ubicuo”. Anales IX Jornadas de Ciencia y Tecnología de Fac. de Ingeniería del NOA. Arg., 97–107.
- P. Brusilovsky (1996). “Methods and techniques of adaptive hypermedia,” User Modeling and User-Adapted Interaction, vol. 6, no. 2-3, pp. 87–129.
- L.A. Cárdenas-Robledo y A. Peña-Ayala. (2018). “Ubiquitous learning: A systematic review”. Telematics and Informatics. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.01.009>.
- D.J. Cho and M.W. Hong (2008). “A Design of Ontology Context Model in Ubiquitous Learning Environments”. 12th International Conference on Computers, Greece.
- M. Derntl, y K. Hummel (2005). “Modeling Context-Aware e-Learning Scenarios”. Proceedings of the 3rd Int’l Conf. on Pervasive Computing and Communications Workshops. IEEE.
- A.K. Dey (2000). “Providing architectural support for building context-aware

- applications”, PhD thesis, Georgia Tech., USA.
- E.B. Durán, M.M. Alvarez y S.I. Unzaga (2014). ”Ontological Model-driven Architecture for Ubiquitous Learning Applications”. 7th Euro American Association on Telematic and Information Systems (EATIS 2014), Chile, 2 al 4 de Abril de 2014. Proceedings published by ACM Digital Library within its International Conference Proceedings Series, ISBN 978-1-4503-2435-9.
- E. B. Durán, M. M. Álvarez y S. I. Únzaga. (2016) “Ontological model for the personalization of u-learning applications”. EATIS 2016. Cartagena de Indias. Colombia. Publicado en IEEE Xplore. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7520154/>.
- Felder, R. y Silverman, L. (1988). Learning and Teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, 78(7), 674-681.
- D.S. Garcia-Chicangana, O.S. Lopez-Erazo, C. González, J. Muñoz y J.A. Jiménez-Builes (2020). "Context-Aware Ubiquitous and Mobile Learning Systems: Research Gaps and Challenges". *Int. J. of Technology Enhanced Learning*, Vol.12, No.3.
- S. Graf y Kinshuk. (2008). “Adaptivity and Personalization in Ubiquitous Learning Systems”. A. Holzinger (Ed.): USAB 2008, LNCS 5298, pp. 331–338. Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- S. Graf, G. Yang, T.-C. Liu, D. Kinshuk. (2009). “Automatic, global and dynamic student modeling in a ubiquitous learning environment,” *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal (KM&EL)*, vol. 1, no. 1, pp. 18–35.
- E. Gilman, I. Sanchez Milara, M. Cortes y J. Riekkki (2015). “Towards User Support in Ubiquitous Learning Systems”, *IEEE Transactions on Learning Technologies*, Vol.8, Nro.1.
- Aziz Hasanov, Teemu H. Laine, and Tae-Sun Chung (2019) “A survey of adaptive context-aware learning environments”. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments* Vol. 11, pp. 403–428. IOS Press.
- G.J. Hwang, C.-C. Tsai y S. J. H. Yang (2008). “Criteria, strategies and research issues of context-aware ubiquitous learning”. *Journal of Educational Technology & Society*, vol. 11(2), pp. 81-91.
- L. Li, Y. Zheng, H. Ogata, y Y. Yano (2005). “Ubiquitous computing in learning: Toward a conceptual framework of ubiquitous learning environment,” *Pervasive Comput. Commun.*, vol. 1, no. 3, pp.207–216
- D. Nandigam, S. S. Tirumala y N. Baghaei (2014), "Personalized learning: Current status and potential," *IEEE Conference on e-Learning, e-Management and e-Services (IC3e)*, Hawthorn, VIC, 2014, pp. 111-116.
- A. Pritchard (2009). “Ways of learning, learning theories and learning styles in the classroom”. New York, NY: Routledge.
- K. Sakamura y N. Koshizuka (2005). “Ubiquitous computing technologies for ubiquitous learning”. *IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'05)*, Tokushima, Japan.
- M. Siadat, C. Torniai, D. Gašević, J. Jovanovic y Mey Eapand Marek Hatala (2008). “m-LOCO: An Ontology-based Framework for Context-Aware Mobile Learning”. *Sixth International Workshop on Ontologies and Semantic Web for E-Learning in conjunction with ITS*.
- T. Strang y C. A. Linnhoff-Popien (2004). “Context Modeling Survey”. *Workshop on Advanced Context Modelling, Reasoning and Management as part of UbiComp 2004 - The Sixth International Conference on Ubiquitous Computing*, pp. 36-40, Nottingham.
- S. J. Yang (2006). “Context aware ubiquitous learning environments for peer-to-peer collaborative learning,” *Educational Technol. Soc.*, vol. 9, no. 1, pp. 188–201.